

**Konsta Mäkikangas**

**OPTINEN LIIKEKAAPPAUS  
ANIMAATIOTUOTANNOSSA**

**Opinnäytetyö  
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Mediatekniikan koulutusohjelma  
Marraskuu 2012**

**TIIVISTELMÄ  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 JOHDANTO</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>2 LIIKEKAAPPAUKSEN MODERNI HISTORIA</b>          | <b>2</b>  |
| 2.1 Tekniikan yleistyminen                          | 2         |
| 2.2 Liikekaappauksen uusi aalto                     | 3         |
| 2.3 Optiset järjestelmät                            | 4         |
| 2.4 Magneettiset ja mekaaniset järjestelmät         | 5         |
| <b>3 ESITYÖ</b>                                     | <b>6</b>  |
| 3.1 Käsikirjoitus                                   | 6         |
| 3.2 Esiselvitys tukeviin järjestelmiin              | 7         |
| 3.3 Hahmomallinnus                                  | 8         |
| 3.4 Verkkomallin ja luitten kytkeminen              | 9         |
| 3.5 Teksturointi                                    | 10        |
| <b>4 LIIKEKAAPPAUS</b>                              | <b>12</b> |
| 4.1 Tilan ja laitteiston valmistelu                 | 12        |
| 4.2 Volyymin määrittäminen                          | 15        |
| 4.3 Näyttelijöiden valmistelu                       | 16        |
| 4.4 Kaappaustilanne                                 | 18        |
| <b>5 JÄLKITYÖSTÖ</b>                                | <b>21</b> |
| 5.1. Liikekaappausdatan prosessointi                | 21        |
| 5.2 Animaatiokohtausten luonti                      | 23        |
| 5.3 Valaisu   | 24        |
| 5.4 Renderöinti ja jälkityö                         | 25        |
| <b>6 POHDINTA</b>                                   | <b>27</b> |
| <b>LÄHTEET</b>                                      | <b>28</b> |
| <br>  |           |
| KUVIO 1. 3D- malli Sculptris -ohjelmassa            | 9         |
| KUVIO 2. Normaalikarttojen vaikutus yksityiskohtiin | 10        |
| KUVIO 3. Optitrack kameroiden asettelu              | 13        |
| KUVIO 4. Kalibrointikolmio                          | 15        |
| KUVIO 5. Kolmen markkerin wand                      | 15        |
| KUVIO 6. Volyymin näytteistäminen                   | 16        |
| KUVIO 7. Näyttelijät työssään                       | 19        |
| KUVIO 8. Liikekäyrän katkos                         | 21        |
| KUVIO 9. Loppukompositio                            | 25        |

|   |                               |  |
|---|-------------------------------|--|
| <b>Yksikkö</b><br>Ylivieskan tekniikan yksikkö  | <b>Aika</b><br>Marraskuu 2012 | <b>Tekijä/tekijät</b><br>Konsta Mäkikangas |
| <b>Koulutusohjelma</b><br>Mediatekniikka  |                               |  |
| <b>Työn nimi</b><br>Optinen liikekaappaus animaatiotuotannossa  |                               |  |
| <b>Työn ohjaaja</b><br>Mikko Himanka  |                               | <b>Sivumäärä</b><br>28                     |
| <b>Työelämäohjaaja</b><br>-   |                               |  |
| <p>Opinnäytetyössä käydään läpi optisen liikekaappausjärjestelmän kasausta, tekniikkaa ja käyttöä käytännön esimerkillä. Työssä käydään läpi myös koko animaaton tuotantoprosessi valmiiksi videoksi asti. Työ sisältää myös esiselvitysvaiheen, jossa tutustuttiin vaihtoehtoisii animaatiotyökaluihin ja tukeviin järjestelmiin. Teoriaosuudessa tutustutaan liikekaappauksen moderniin historiaan.</p> |                               |  |

|  |
|--|
| <b>Asiasanat</b><br>[ Liikekaappaus, Animaatio ] |
|--|

|  |                              |                                    |
|--|------------------------------|------------------------------------|
| <b>CENTRAL<br/>OSTROBOTHNIA<br/>UNIVERSITY OF APPLIED<br/>SCIENCES</b><br>Ylivieska unit   | <b>Date</b><br>november 2012 | <b>Author</b><br>Konsta Mäkikangas |
| <b>Degree programme</b><br>Media Engineering   |                              |                                    |
| <b>Name of thesis</b><br>Optical motion capture in animation production  |                              |                                    |
| <b>Instructor</b><br>Mikko Himanka   |                              | <b>Pages</b><br>28                 |
| <b>Supervisor</b><br>-   |                              |                                    |
| <p>This thesis covers installation, technology and useage of an optical motion capture system. Thesis also covers the whole animation process from to start to a finished video. Thesis contains a pre-emptive research phase where various animation tools and systems are experimented as an viable alternative. In theory section, thesis covers the modern history of motion capture</p> |                              |                                    |
| <b>Key words</b><br>[ motion capture, animation ]  |                              |                                    |

## KÄSITTEET

|                     |   |
|---------------------|---|
| Baking              | Värin ja rakenteen renderöimistä 3D-mallin pintaan                |
| Blender             | Open Source 3D-mallinnus, renderöinti ja animaatio-ohjelma        |
| Exoskeletaali       | Kehon ulkopuolinen luurankorakenne                                |
| Inertia             | Liikettä vastustava voima   |
| Keyframe- animaatio | Objektien liikkeet luodaan siirtymillä eri avainasentojen välillä |
| Kompositio          | Erinäisten kuvien tai videoiden yhdistelmä tai asettelu           |
| Marker (markkeri)   | Tunnistepiste   |
| Mesh                | 3D-objektin pintarakenne  |
| Polygon             | 3D-objektien pienin komponentti, yksinkertainen kolmio            |
| Potentiometri       | Portaaton säätövastus   |
| Ray-Trace           | Valonsäteiden kulkua jäljittelevä renderöintitapa                 |
| Radiositeetti       | Virtuaalisen valon siroaminen pinnoista                           |
| Render Pass         | Yksittäisten kuvan osien renderöinti esimerkiksi varjoille        |
| Renderöinti         | Bittikarttagrafiikan luonti 3D-ympäristöstä                       |
| Rig                 | Hierarkinen luurakenne  |
| Skinning            | Mesh rakenteen kytkeminen virtuaaliluurankoon                     |
| SDK                 | Source Development Kit, valmistajan sovelluskehitystyökalut       |
| T-Pose              | Poseeraus jossa kädet on levitettynä sivuille                     |
| Tekstuuri           | 3D-objektin pinnasta luotu kuvakartta                             |
| Topologia           | 3D objektin rakenne   |
| UVW-Kartta          | 3D-objektin pinnan dimensioiden levitetty asettelu kuvakarttana   |
| Vertice             | Yksittäinen 3D rakenteen piste                                    |
| Vokselikenttä       | Kolmiulotteinen volyymi   |
| Wizard              | Vaiheittainen apuohjelma  |

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käsitellään Optisen liikekaappausjärjestelmän hyödyntämistä animaatiotuotannossa käytännön esimerkillä. Opinnäytetyön aikana luotiin Tv-ohjelman pilottijaksoa varten lyhyt animaatio jossa hyödynnettiin liikekaappausteknologiaa näyttelijäsuorituksen taltioimiseen. Tutkimusongelmana on liikekaappausteknologioiden tehokas hyödyntäminen ja työkulku animaatiotuotannossa. Käytännön työ opinnäytetyössä etenee kronologisesti.

Luvussa kaksi käsitellään liikekaappausteknologian moderni kehitys nykypäivään saakka. Luku kohdistaa huomion liikekaappauksen nykyaikaiseen luonteeseen ja tekniikan monipuolisuuteen. Myös erinäiset tekniikat ja liikekaappauksen alalajit selitetään kappaleessa kaksi.

Luvussa kolme käsitellään liikekaappaussessiota edeltävää tutkimusvaihetta. Tutkimusvaihe oli käytännön työtä edeltävää, kokeiluluonteista teknologiaan tutustumista. Mitä teknologioita voitaisiin hyödyntää pilottijaksossa ja mitkä olisivat tehokkaimpia? Voitaissiinko työssä käyttää tukevia järjestelmiä näyttelijän taltioimiseen? Luvussa neljä kerrotaan käytännön työkulusta. Tilojen, näyttelijöiden ja järjestelmän valmistelu kerrotaan yksityiskohtaisesti kaappaustilanteeseen valmistautuen. Luku viisi avaa animaation jälkityöstöä, liikekaappausdatan prosessointia ja renderöintiä. Päälähteinä työssä on käytetty optiseen järjestelmään keskittyvää Kitagava, M. ja Windsor, B. kirjoittamaa MoCap for Artists kirjaa. Hahmoluonnin inspiraationa toimi Anzovin, S. ja Anzovin, R kirjoittama 3D Toons. Alakehityksen seuraaminen ja analysointi on tapahtunut erinäisten www-dokumenttien ja laitevalmistajien uutisoinnin pohjalta.

## 2 LIIKEKAAPPAUKSEN MODERNI HISTORIA

Digitaalisen liikekaappauksen tutkimus ja kehitys alkoi lääketieteen ja armeijan sovelluksista 70-luvulla. Erikoistehosteteollisuus huomasi teknologian potentiaalin vasta 80-luvulla. Samalla vuosikymmenellä kehitettiin myös Ray-Trace ja radiositeettikartoitusalgoritmit, jotka mahdollistivat realististen animaatioiden renderöinnin. Tosin 80-luvulla tietokoneiden tehot olivat rajattuja, joten varsinaisten animaatioiden tuottaminen oli äärimmäisen työlästä. Maailmassa oli vain kourallinen yrityksiä, jotka erikoistuivat 3D-animaatioihin ja nekin lähinnä tekivät tv-ohjelmien introja ja tai mainosten ”lentävä logo” videoita. (Kitagawa & Windsor, 2008)

Vuonna 1985 Super Bowlin väliaikamainoksiin tuotettiin Brilliance animaatio.

Animaatiota varten kaapattiin naispuolisen näyttelijän liikeet 18:sta mustasta markerista. Liike tallennettiin valokuvilla monesta eri kuvakulmasta, jotka sen jälkeen prosessoitiin Silicon Graphicsin työasemilla ja lukuisilla eri sovelluksilla. Ongelmaksi muodostui 30 sekunnin animaation renderöinti, joka vei aikakauteen nähden uskomattoman määrän konetehoja. (Kitagawa & Windsor, 2008)

Ensimmäistä kertaa liikekaappausta yritettiin käyttää 1990 elokuvassa Total Recall.

Tarkoituksena oli animoida elokuvaan ihmisluurankoja ja koira jotka näkyivät läpivalaisulaitteessa. Tuotantoon oli palkattu erillinen yritys, jonka tarkoituksena oli puhdistaa ja jalostaa liikekaappausdataa. Tuotanto oli kuitenkin huonosti tuotettu ja lopulta elokuvan tuottaja Metrolight Studios ei saanut yritykseltä mitään hyödynnettävää dataa. Lopulta Metrolight joutui luopumaan liikekaappauksen käytöstä. Elokuva voitti silti tehosteistaan Oscar-palkinnon. (Kitagawa & Windsor, 2008)

### 2.1 Tekniikan yleistyminen

Nykyaikaisen liikekaapaustekniikan käyttö animaatiotuotannossa yleistyi vasta 2000-luvun taitteessa. Tuolloin markkinoille ilmestyi kaupallisia sovelluksia liikekaappausjärjestelmistä. Ensimmäinen kaupallinen tuote oli optiseen tunnistukseen perustuva Vicon 8, jonka hankkivat ensimmäisenä suuret animaatio- ja elokuvastudiot. Hittielokuvien jälkeen liikekaappauksesta tuli jopa trendikästä. Hahmojen sielukkuus ei riippunut enää täysin animaattorin taidoista. Tekniikka ei ollut enää rajoite vaan

pikemminkin työkalu näyttelijöille jolla ilmaista itseään. Vanhalla keyframe-animaatiolla oli vaikea saavuttaa samassa aikamäärässä yhtä laadukasta sisältöä. Tekniikka ja taide yhdistyivät ennennäkemättömällä tavalla. Laadukas kasvojen liikekaappaus yhdistettynä koko kehon liikekaappaukseen mahdollisti kokonaisen näyttelijäsuorituksen kaappaamisen. Liikekaappauksen ja 3D-tekniikan yleistyminen on tuottanut jopa vastareaktion. Esimerkiksi maailmankuulu oscareita voittanut animaatiostudio Pixar ylpeilee käsityön leimalla. Hahmot animoidaan ilman liikekaappausta taiteellisen ilmaisun vuoksi. Ratatouille elokuvan lopputeksteissä voidaankin huomata markkinointilause: "100% Pure Animation – No Motion Capture! – 100% puhdasta animaatiota – ei liikekaappausta!".

Liikekaappaus on hyvin tekninen tapa animoida hahmoja. Tekniikalla saadaan luotua realistisia luonnollisia ja elävän näköisiä liikkeitä hahmolle, mutta liikekaappauksesta puuttuvat perinteisen animaation visuaalisen ilmaisun peruselementit, kuten litistymisen venyminen, sulavat liikekaaret, odotus ja liioittelu. (Luke Hattemer, 2012)

Ensimmäistä kertaa onnistuneesti peleissä käytettiin liikekaappausta vuonna 1995 FX-Fighter nimisessä pelissä. Realististen liikkeiden sulava yhdistely ja pelin näennäinen menestys herätteli peliteollisuutta ja monet alan yritykset kiinnostuivat liikekaappaustekniikoista. Liikekaappausta on sovellettu myös erinäisten esittävän taiteen ja kulttuurin tallentamiseen. Urheiluanalyysien, taidehistorian ja satojen muitten sovelluskohteiden osuus jää kuitenkin marginaaliseksi verraten elokuva- ja peliteollisuuden tarpeisiin.

## 2.2 Liikekaappauksen uusi aalto

Liikekaappauksen uusi aalto on jo tullut kuluttajaluokan käyttäjille. Moderneissa pelikonsoleissa on erinäisiä mahdollisuuksia reaaliajassa kaapata käyttäjän liikkeitä. Ehkä eniten huomiota ja innovaatioita on herättänyt Microsoftin kehittämä Kinect 3D-syvyyskamera. Ohjelmisto tulkitsee syvyyskuvasta käyttäjän kehon rakenteen, eikä käyttäjä tarvitse erillistä pukua tai markkereita. Microsoft on lanseerannut myös mainoslauseen ”The Kinect Effect”. Kinect effect viittaa laajaan mainoskampanjaan ja asennemuutokseen joka on suunnattu teknologian kehittäjille. Kinectille kehitetään



jatkuvasti uusia käyttökohteita ja se onkin luonut uskomattoman määrän uusia innovaatioita ja startup- firmoja liikekaappauksen ideaan pohjautuen.

(Xbox.com. 2012)

Enää liikekaappauksen ei tarvitse olla raskasta, kallista ja kömpelöä. Kuluttajakäytön helppoudesta kertoo myös se, että suurin osa kinectille ensimmäisenä ilmestyneistä peleistä oli suunnattu lapsille. Liikekaappauksen uusi aalto on jo täällä, eikä kehitys varmasti pysähdy tähän.

Markkeriton kaappaustekniikka on mullistanut myös biomekaniikan ja liikeanalyysin. Organic Motion- laitevalmistaja tuottaa järjestelmiä jotka pohjautuvat edistyneeseen videokuvan analysointiin. Liikekaappausdataa voidaan rikastaa mekaanisilla goniometreilla eli kulmamittareilla ja kiihtyvyysantureilla, jolloin valmentajat ja fysioterapeutit saavat kaiken tarvitsemansa datan kohteesta helposti ja reaaliajassa.

(Organic Motion. 2012)

## 2.3 Optiset järjestelmät

Modernia, koko kehon digitaalista liikekaappausta voidaan suorittaa erinäisillä tekniikoilla ja järjestelmillä. Liikekaappauksessa voidaan käyttää mitä tahansa tekniikka, joka pystyy paikantamaan yksittäisiä pisteitä kolmiulotteisessa tilassa. Järjestelmät yleensä luokitellaan kolmeen pääkategoriaan: Optisiin, magneettisiin ja elektromekaanisiin. Tällä hetkellä suosituin metodi on optinen liikekaappaus markkereilla. Optiset järjestelmät luokitellaan aktiivisiin, passiivisiin ja markkerittomiin järjestelmiin. Passiivisessa järjestelmässä markkerit heijastavat vain kameran tai ympäristön valoa. Aktiivisessa järjestelmässä markkerit ovat LED-valoja, jotka tuottavat itse valonsa. LED-valot voidaan myös ajastaa välkkymään omalla taajuudella, jolloin yksittäiset markkerit voidaan tunnistaa omalla ID:ellä eli tunnisteella. Tämä estää markkerien vaihtumista keskenään, jota tapahtuu useasti passiivisessa järjestelmässä. Aktiivista järjestelmää voidaan käyttää myös suorassa auringonpaisteessa.

Markkerittomat optiset järjestelmät tulkitsevat suorasta videostreamistä ihmisen muodon ja liikkeen. Käytännössä Microsoftin Kinect laitetta voidaan pitää markkerittomana järjestelmänä myös. Kinect ei kuitenkaan tulkitse videokuvaa, vaan ampuu infrapunaverkon kohteeseensa ja tulkitsee hahmot kolmiulotteisesta syvyyskuvasta.

Organic Motion valmistajan kamerajärjestelmä hyödyntää taas mustavalkoista videokuvaa ilman varsinaista syvyyskuvaa. Järjestelmä kalibroidaan samaan tapaan kuin Optitrack järjestelmä, eli wanding- tekniikalla.

## 2.4 Magneettiset ja mekaaniset järjestelmät

Magneettiset järjestelmät pohjautuvat pieniin sähkömagneettisiin markkereihin, joiden sijainti tunnistetaan magneettikentässä. Järjestelmä on kuitenkin herkkä ympäröivälle metallille ja toisille näyttelijöille. Järjestelmä on myös työlästä kalibroida ja tarkkuus on heikko alhaisen näytteenottotaajuuden vuoksi.

Mekaaniset järjestelmät perustuvat jonkin fyysisen sensorin toimintaan. Näyttelijällä on exoskeletaalinen, eli päälle puettava tekoluurankopuku. Puvussa olevat potentiometrit mittaavat nivelien taittumista. Järjestelmä ei voi tulkita hahmon varsinaista tilakohtaista sijaintia, sillä se tulkitsee vain nivelien rotaatiota. Tämän takia järjestelmän apuna käytetään vielä yhtä ulkoista sensoria, joka tulkitsee hahmon paikan tilassa. Erinäisiä liikekaappausjärjestelmiä on tehty myös radiosignaaleilla, ultraäänellä ja jopa kuituoptiikalla.

Mekaanisena järjestelmänä voidaan pitää myös inertiaan pohjautuvia sensoreita. Näyttelijään sijoitetaan inertiasensoreita, joitten perustella tulkitaan hahmon liikkeet. Sensorit ovat pieniä, kestäviä ja järjestelmä on hyvin vikasietoinen. Liikekaappausta voidaan suorittaa auringonpaisteessa, kosteissa ympäristöissä, liikkuma-alue on rajaton ja kehon osille ei tule peitto-ongelmia. (Xsens.com, 2012)

Liikekaappauksen tekniikan yleistymiseen on elektroniikan ja sensorilaitteiston halpeneminen. Elektronisia inertiasensoreita on ollut olemassa jo 20 vuoden ajan, mutta puolijohtimien halpa tuotanto on vasta nyt kiihdyttänyt liikekaappausjärjestelmienkin kehitystä. (Venturebeat.com, 2012)

### 3 ESITYÖ

Käytännön työhön kuului näyttelijöiden liikkeiden kaappaus optisella kamerajärjestelmällä, animaatiohahmon luonti ja lopullinen videotuotanto.

Animaatiovideot tuotettiin sketsisarjan pilottijaksoa varten Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) opiskelijoiden kanssa yhteistyössä. Niin TAMK:ille kuin Keski-Pohjanmaan ammattikoululle (KPAMK) projekti oli pioneerimainen suoritus, sillä liikekaappausta ei oltu hyödynnetty kummassakaan oppilaitoksessa.

Vuoden 2011 syksyllä KPAMK:ssa otettiin Optitrack- järjestelmä testikäyttöön ja luotiin teknologinen osaamispohja yksinkertaisten animaatioiden kaappaamiseen ja jalostamiseen. Ennen pilottijakson kehittämistä liikekaappauksen käyttö oli ollut pintapuolista ja testiluonteista. Tietotaidon kerääminen varsinkin näin monivaiheisessa prosessissa ei ollut triviaalia. Opinnäytetyön puitteissa luotiin myös opas tulevia opiskelijoita ja liikekaappausjärjestelmän käyttäjiä varten. Opas sisältää vaihteittaiset ohjeet liikekaappausjärjestelmän pystyttämiseen ja käytännön ongelmiin, joita ei valmistajan internetsivuilta tule esille.

#### 3.1 Käsikirjoitus

Ensimmäinen työvaihe oli TAMK:in ja KPAMK:n opiskelijoiden työmäärien kartoitus, sekä vaadittavaan tekniikkaan tutustuminen. Itse liikekaappauksen rooli kokonaisessa sketsisarjan tuotannossa oli minimaalinen. Liikekaappaustekniikka oli kuitenkin olennaista eläväisten ja persoonallisten sivuhahmojen luontiin. Tarkoituksena oli kaapata kahden näyttelijän interaktio ja elenäyttelyn nyanssit. Pienten reaktioiden ja eleiden kaappaukseen KPAMK:n hankkima Optitrack- liikekaappausjärjestelmä oli täydellinen työkalu. Sketsisarjan ohjaaja ja käsikirjoittaja lähettivät raakavedoksia käsikirjoituksesta, jonka perusteella tulevat kohtaukset suunniteltiin niin animaation kaappauksen kannalta, kuin lopullisen komposition suhteen. Kaikki kohtaukset päätettiin tehdä 3D-animaation keinoin ilman oikeaa videokuvaa. Tavoitteena oli kuitenkin mahdollisimman realistinen visuaalinen tyyli.

Käsikirjoitus koostui kolmesta kohtauksesta. Ensimmäisessä kohtauksessa avaruudessa pyörii hitaasti maapallo, jonka viereen lipuu pallogrillin muotoinen avaruusalus. Toisessa

kohtauksessa siirrytään avaruusaluksen sisälle, jossa on kaksi hahmoa ja taustalla näkyy juuri nähty maapallo. Avaruusaluksessa isä ja poika avaruusoliot keskustelevalta maan asukkien outouksista ja ihmettelevät huumorin olemusta. Kolmas kohtaus on finaali koko jaksolle, jossa avaruusoliot sisäistävät huumorin luonteen ja yrittävät opetella nauramaan ja tanssimaan. Avaruusolioiden käyttäytyminen ja kuvakompositiot käsikirjoitettiin tekniikan rajoitusten mukaan. Ensimmäinen päätös oli kuvata avaruusoliot lähinnä selän takaa valoa vasten, jolloin hahmot muuttuivat silhuettimaiseksi ja pintatekstuuriin puuttuminen ja ajoittaiset digitaalihakmon iholle tulevat renderöintivirheet eivät tulisi ilmi. Jokaisesta kohtauksesta luotiin pikaiset konseptikuvat, jotka hyväksyttiin kummallakin taholla.

### 3.2 Esiselvitys tukeviin järjestelmiin

Hahmoille olisi tarvittu kasvo- ja sormianimaatiot, joita aikataulun ja tekniikan puitteissa ei voitu toteuttaa. Esitutkimus paljasti että kasvoanimaatioiden toteutus olisi vaatinut uusia ohjelmistoja ja liikaa työtunteja animaattorilta. Optitrackin oma kasvokaappausjärjestelmä olisi maksanut liikaa investointina ja kasvomarkkerien takia järjestelmää olisi kankea käyttää. Oli löydettävä siis halpa ja näppärä vaihtoehto.

Vaihtoehtoisena keinona esille nousi markkeriton sovellus, joka tulkitsee normaalista videokuvasta kasvojen piirteitä ja tulkkaa suoraan ilmeet kasvomoottorille. Kahtena tutkittavana sovelluksena oli jo alalla laajasti käytössä oleva Zigntrack ja uutuuksena käyttäjäystävällisempi Maskarad. Maskaradin valmistajan ohjelmistopolitiikka paljastui tosin epäilyttäväksi, sillä ohjelmasta ei ole tarjolla edes kokeiluversiota. Ainoaksi potentiaalisesti ohjelmistoksi jäi siis Zigntrack. Ohjelmisto tunnistaa kasvoista markkeripisteet kontrastin avulla ja tallentaa niiden liikkeitä. Testeissä käytettiin Optitrackin järjestelmässä käytettäviä IR-kameroita. Optitrackin kamerat osoittautuivat ongelmalliseksi, sillä Windowsin laitehallinta ei tunnistanut laitetta normaalina webkamerana. Kamerasta ei siis saanut reaaliaikaista videokuvaa, josta tulkata kasvoneleitä.

Optitrackin kameroille oli tarjolla sovelluskehitystyökalut eli SDK ja erillisiä sovelluksia, joilla videotastreamia voi kaapata. Tosin sovellukset toimivat epäluotettavasti ja itse käytännön hyöty olisi jäänyt vähäiseksi suhteessa työmäärään. Itse pisteitten tunnistus toimi moitteetta. Infrapunaan reagoivat markkerit loistivat näyttelijän kasvoilta.

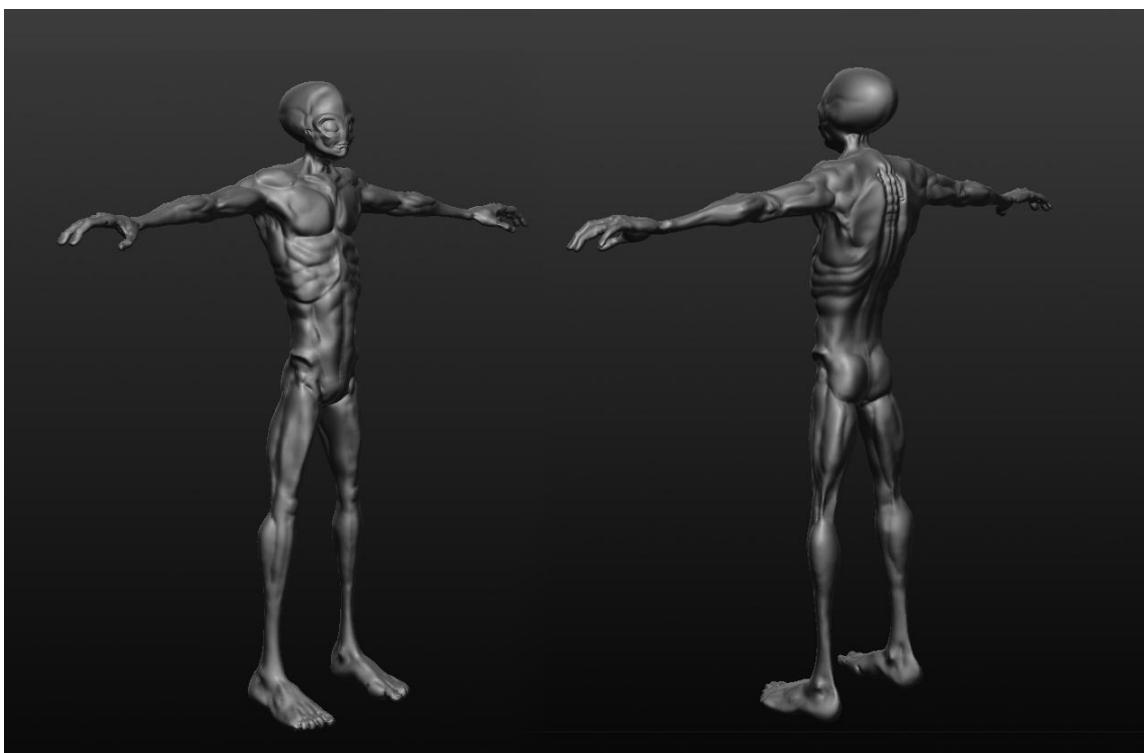
Optitrackin omat testisovellukset tunnistivat pisteet helposti. Kasvoanimaation tuotantoa jarrutti myös toimivan ja luotettavan kasvomoottorin ja riggauksen luonti digitaalihakmelle. Hyvälaatuisten ja aidon oloisen hahmon luonti on aikaavievä ja taitoa vaativa prosessi, eikä siihen ollut projektin puitteissa varaa uhrata aikaa. Kasvoanimoinnin ongelmana on myös hyvälaatuisten kasvoeleiden ja koko kehon liikekaappauksen yhdistäminen. Olisi ollut epäkäytännöllistä yrittää kaapata näyttelijältä kasvoeleitä koko kehon liikekaappauksen aikana. Kotitekoisella kypäräkameralla sekin olisi mahdollista, mutta se olisi saattanut sekoittaa kehon liikekaappausta ja lisännyt entisestään järjestelmän raskautta. Myös 3D-mallien jälkikäsitteystä ja kasvoluiden käyttäytymisestä oli liian vähän testejä ja kokemusta. Sormien animointi olisi ollut helppoa lisätä normaaliin luurankoon, mutta ajanpuutteen takia sekin jäi kesken. Yksittäisten sormien animointi jokaiseen ottoon olisi vienyt aivan liikaa työtunteja. Sormille olisi voinut luoda yksinkertaisen luujärjestelmän, jolla olisi voinut hallita montaa eri sormea samanaikaisesti.

Vaihtoehtoisena järjestelmänä koko kehon liikekaappaukseen olisi ollut Microsoftin kehittämä Kinect syvyyskamera. Kinect on alunperin tarkoitettu peliohjaimeksi, joka perustuu syvyyskuvaan ja hahmotunnistukseen. Kinect tunnistaa ihmishahmon peruselementit ja liikkeet 3D-tilassa. Viimeisen kahden vuoden aikana Kinect sovelluksia ja innovaatioita on ilmestynyt valtavasti. Projektin kannalta mielenkiintoisin oli Brekel-liikekaappaussovellus. Brekel pystyy tallentamaan näyttelijän liikkeet BVH-tiedostoon, eli samaan formaattiin, jota Optitrack-järjestelmä tuottaa. Kinect-järjestelmän heikkoutena on sen huono tarkkuus ja jäsenien skaalaus. Testit osoittivat, että Kinect-järjestelmä tunnistaa heikosti kävelyaskeleet, eikä tunnista jalkateriä tai kämmeniä. Myös niskanivelten ja pään rotaatio puuttuivat. Kasvoanimaatioiden puuttuessa pään pienet eleet olisivat olleet olennaisia. Lopulta Kinect-järjestelmää ei hyödynnetty sen vajavaisuuksien vuoksi.

### **3.3 Hahmomallinnus**

Hahmosuunnittelu alkoi yksinkertaisten konseptikuvien ja ideoiden keräämisellä internetistä. Tarkoituksena oli luoda hahmoista stereotypisiä, pitkiä ja harmaita avaruusolioita. Päähahmo suunniteltiin isähahmoksi ja pienempi poikahahmo luotiin vain skaalaamalla päähahmoa pienemmäksi.

Humanoidin perusrunko mallinnettiin pikaisesti 3Ds Max ohjelmalla, josta se tuotiin Sculptris-ohjelmistoon. Sculptris on 3D-veistämiseen tarkoitettu ilmainen ohjelma, jolla voi luoda uskottavia orgaanisia mallinnuksia helposti. Toinen vaihtoehto veistämiseen olisi ollut teollisuudessa mainetta niittänyt Zbrush, mutta siihen ei koululla ollut lisenssejä. Veistäminen oli nopea iteratiivinen prosessi. Olioiden yksityiskohtia muutettiin ja jalostettiin muutaman kerran. Tärkeät elementit hahmojen uskottavuuden kannalta olivat eleettömät kasvot ja riutuneet kehot. Laihan kehon takia lihasten muoto korostui ja veistäminen oli entistä tärkeämmässä roolissa. Toisaalta ihmismäinen anatomia helpotti hahmon jalostamista.



KUVIO 1. 3D- malli Sculptris -ohjelmassa ( © Konsta Mäkikangas, 2012 )

Veistämisen jälkeen hahmossa oli noin 150 000 polygonia. Sculptris sisältää toiminnon, jolla 3D-mallia pystyy optimoimaan helposti. Lopulta hahmossa oli vain 60 000 polygonia ja sen pystyi kätevästi tuomaan 3Ds Max -ohjelmaan takaisin.

### 3.4 Verkkomallin ja luiden kytkeminen

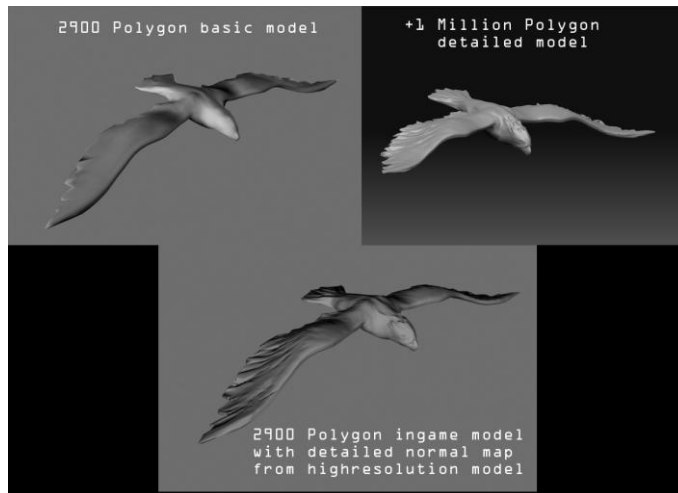
Skinning tarkoittaa hahmomallin eli verkkomallin kytkemistä luurankoon. Tässä tapauksessa perusluurankona toimi 3Ds Maxin oma biped- järjestelmä. Bipod- järjestelmä

tukee hyvin liikekaappausdataa BVH -formaatissa ja siinä on laajat työkalut animaation ja luurangon rakenteen muokkaamiseksi. Ensimmäisenä luodaan oikeassa skaalassa biped luuranko ja ladataan siihen testinä liikekaappausdataa. Testidata säätää bipedin raajojen suhteet ja relatiivisen skaalauksen automaattisesti. Seuraavaksi biped laitetaan figure-moodiin ja säädetään hahmon kummatkin kädet sivuille T-asentoon. Hahmo siirretään luurangon päälle ja siihen lisätään skin modifier. Skin modifier hallinnoi luiden painoarvoa meshin eri osa-alueisiin. Oikein asemoituna skin modifierin perusmekaniikka toimii hyvin, mutta nivelten alueiden painoarvoja ja luiden keskinäisiä suhteita täytyy säätää. Painosuhteiden määrittäminen tapahtuu paint weight työkalulla, jolla voi helposti maalata eri luiden vaikutusalueet.

Hahmon skinning liikekaappausluurankoon oli liian vaikeaa korkean polygonmäärän takia. Nivelien kohdissa oli liikaa yksityiskohtaista meshiä jota oli äärimmäisen työlästä saada taittumaan oikein. Hahmon topologia oli mallinnettava uusiksi korkeapolygonisen veistoksen pohjalta. Topologia tehtiin uudestaan käsin Topogun -ohjelmalla, käyttäen korkeapolygonista mallia referenssinä. Lopulta hahmossa oli looginen ja selkeä mesh-rakenne. Optimoinnin jälkeen avaruusoliassa oli noin 15 000 polygonia. Optimoinnin jälkeen skinning onnistui vaivatta 3Ds Max -ohjelmassa maalaamalla paint weight työkalulla painoarvot niveliin. Paint weight on 3Ds Max -ohjelman työkalu, jolla voidaan määrittää ja maalata pehmeästi luiden painoarvoja vertice- pisteisiin.

### 3.5 Teksturointi

Hahmon UVW-kartta ja tekstuurisaumat määriteltiin Blender-ohjelmalla ja hahmo palautettiin 3Ds Maxiin. Seuraava työvaihe oli korkeapolygonisesta hahmomallista luotava syvyys- eli normaalikartta. Tarkoituksena oli luoda 3D mallille pintatekstuuri joka sisältää esimerkiksi ryppyjä ja muita topologiaaltaan monimutkaisia ja tarkkoja yksityiskohtia.



KUVIO 2. Normaalikarttojen vaikutus yksityiskohtiin ( © Konsta Mäkikangas, 2009 )

Normaalikartta reagoi eri kulmista tulevaan valoon ja luo illuusion yksityiskohtaisesta topologiasta.

Yksityiskohtainen korkeapolygoninen malli asetellaan matalapolygonisen mallin päälle. Projisointitekniikalla yksityiskohdat renderöidään korkeapolygonisesta mallista matalapolygonisen mallin. Tekstuurikartta luodaan sinistä, punaista ja vihreää käyttäen. Värikoodeilla merkitään X, Y ja Z koordinaattien relaatiota pinnan normaaliin. Prosessin lopuksi saadaan monivärinen normaalitekstuuri, jota käytetään matalapolygonisen hahmon pinnalla.



## 4 LIIKEKAAPPAUS

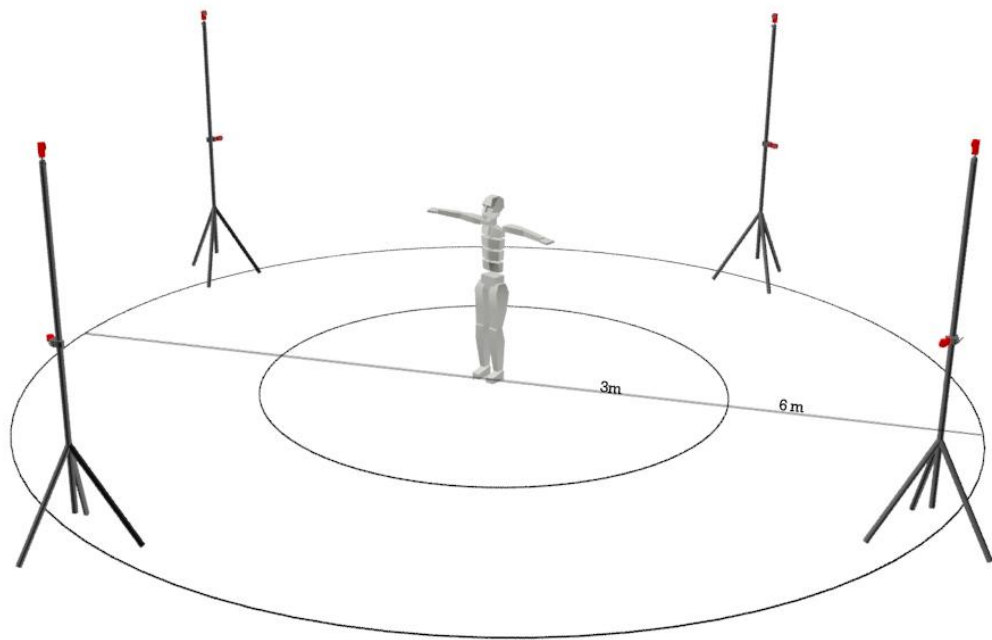
### 4.1 Tilan ja laitteiston valmistelu

Liikekaappauksen laatuun vaikuttaa suuresti kaappaustila. Esitutkimuksen aikana liikekaappausjärjestelmää kokeiltiin useissa eri tiloissa ja olosuhteissa. Oikean tilan löytäminen oli haastavaa koska se vaati paljon fyysistä tilaa. Optitrack- järjestelmä vaatii optimaalisesti kolmen metrin kattokorkeuden. Kameran tulisi asetella ympyrään kuuden metrin halkaisijaan. Lisäksi tilassa ei saa olla suoraa auringonpaistetta sen luoman infrapunavalon takia. Kaappaustila valmisteltiin KPAMK Ylivieskan yksikköön tuotantotekniikan laboratorioon. Kaappausvolyyymi oli tilava, mutta laboratorion yläikkunoista vuoti ajoittain paljon infrapunavaloa. Kaappaus oli mahdotonta suorittaa päiväsaikaan, sillä auringon asema käänsi yläikkunoista tulevan valon suoraan kaappausvolyymin keskiöön. Kaappaus tulisi suorittaa siis pilvisenä iltapäivänä ja viikonloppuna, jolloin ylimääräinen yleisö ja valomäärä ei häiritisi.

Tilan valmistelu aloitettiin huonekalujen raivaamisella ja mahdollisten heijasteiden peittämällä. Esimerkiksi kiiltävät, metalliset tuolinjalat heijastavat pistemäisesti IR-valoa. Tilassa oli myös tuotantotekniikassa käytettäviä heijastinmarkkereita, jotka jouduttiin peittämään paperilapuilla. Seuraavaksi lattia peitettiin sinisellä kokolattiamatolla, joka teipattiin kiinteästi maahan. Muuten kiiltävä muovilattia olisi heijastanut vastakkaisten kameroiden IR-valoa ja tunnistanut ne virhepisteinä. Itse näkyvä valo näytti vaikuttavan yllättävän vähän kameroiden toimintaan. IR-valojen heijastukset olivat pahin ongelma. Jokaisen kameran ympärillä on kehämäinen rypäs infrapunaLED:jä, jotka valaisevat kaappausaluetta. Kaappauksen voisi suorittaa täysin pimeässä. Tilojen esitarkastelun ja heijasteiden tutkailun voi suorittaa yhdellä Optitrack kameralla ja Optitrackin SDK:lla. SDK sisältää IR-kuvan esikatselun ja jopa pistetunnistuksen. Esikatselu paljastaa helposti liikekaappausta häiritsevät tekijät tilassa.

Kameroiden symmetria ja suuntaus vaikuttaa kaappauksen laatuun. Vaikka järjestelmä toimii ilman tarkkaa asemointiakin, Optitrackin ohjelmisto silti tulkitsee volyymin laadun huonoksi, jos kameroiden asemat ovat hajanaisia. Kaappausvolyymin koko ja tehokkuus riippuu kameroiden asennoinnista. Jos kaappauksessa ei tarvita laajoja liikkeitä, on suositeltavaa asemoida kamerat kuvaamaan suoraan volyymin keskiöön. Jos kuitenkin

liikkeisiin tarvitaan tilaa, kamerat on aseteltava kuvaamaan laajasti, mutta silti niin että vähintään kolme kameraa näkevät jokaisen volyymin kohdan. Kameratelineinä käytettiin neljää, kolmen metrin korkeuteen nousevaa valotelinettä. Kameroiden kiinnitykseen ja suuntaukseen käytettiin Manfrotton kuulapäitä kahdeksan kappaletta. Alakameroiden kiinnityksessä käytettiin myös Manfrotton Super Clamp -puristimia. Jokaisessa pylväässä oli siis ylä- ja alakamera. Yläkameran pääfunktio on kuvata kamerapylvään edustaa ja hahmon alaosa. Alakamera on aseteltu vaakasuoraan kuvaamaan hahmon yläosaa. Kaikki kamerat suunnataan kuitenkin kaappausvolyymin keskiöön.



KUVIO 3. Optitrack kameroiden asettelu, ( © Konsta Mäkikangas, 2012 )

Itse elektroniikan kasaaminen alkaa johdotusten suunnittelusta. Optitrack kamerat kytketään kahteen erilliseen USB-hubiin eli jakajaan, jotka kytketään suoraan tietokoneeseen. Selkeyden vuoksi hubit ja kamerajohdot on suositeltavaa jakaa symmetrisesti. Kumpikin jakaja tarvitsee myös erillisen virtalähteen. Kahden jakajan välille tulee myös RCA-synkronointikaapeli. Toinen jakajista toimii päähubina, joka lähettää synkronointisignaalin toiselle hubille. Jokainen kamera kytketään punapäisellä USB-johdolla hubiin. Löysät kamerajohdot on syytä kiinnittää suuntauksen jälkeen kameratelineen runkoon tarrateipillä, sillä löysät roikkuvat johdot saattavat vääntää pitkän ajan kuluessa kamerasentoa. Pienikin kamerasenaston heitto saattaa johtaa koko järjestelmän epävakautteen ja uudelleenkalibrointiin. Telineet ja kamerakiinnitykset löystyvät ja liikkuvat ajan kuluessa ja onkin suositeltavaa, että kalibrointi on suoritettava päivittäin uudestaan. Ylimääräisestä

yleisöstä saattaa tulla yllättävä rasite, koska tilassa liikkuvat ihmiset helposti tönivät huomaamattaan kameratelineitä. Kaappaustilanteeseen ja tilaan on suositeltavaa tuoda vain näyttelijät ja pakolliset teknikot ja eristää alue.

Järjestelmää hallitseva tietokone aseteltiin kaappaustilan viereen. Liikekaappausdataa olisi voinut lähettää verkon yli suoraan työasemalle, mutta oli käytännöllisempää käyttää yhtä työpistettä samassa tilassa. Työaseman näyttönä käytettiin 42-tuumaista televisiota, joka helpotti niin kalibroinnin asettelua, kuin myös näyttelijän työtä. Näyttelijälle suuri esikatselunäyttö on kuin peili, jonka avulla hän voi parantaa suoritustaan ja huomata heti mahdolliset virheet. Esikatselunäyttönä on kätevä käyttää myös projektorin suuren kuvakoon takia. Työaseman ei tarvitse olla erityisen tehokas liikekaappaukselle sillä pistetunnistus tapahtuu jokaisessa kamerassa itsenäisesti. Jokaisessa on oma piirinsä, joka laskee ja prosessoi videokuvan ja lähettää vain pistedatan työasemalle. Kaappausta hallinnoiva ohjelma on Optitrack Arena. Ohjelmistolisenssi vahvistetaan Usb-tikulle tallennetulla lisenssiavaimella. Ilman sitä koko järjestelmä on hyödytön.

Kameroiden keskinäinen kalibrointi ja volyymin määrittäminen tapahtuu Arena -ohjelmistossa. Arena sisältää vaiheittaisen wizard-oppaan volyymin määrittämiseen. Ensimmäisenä ohjelma listaa ja numeroi järjestelmän löytämät kahdeksan kameraa. Jokaisessa kamerassa on digitaalinen numeronäyttö joka ilmoittaa kameran tunnusnumeron. Seuraavaksi ohjelmisto näyttää esikatselukuvaa jokaisen kameran näkymästä. Esikatselutilassa voi myös kokeilla pistetunnistusta. Kameroita voi vaihtaa näyttämään harmaakarttavideokuvaa, josta voi helposti hienosäätää kameran asemointia. Ohjelmasta saa näkyville myös kamerakuvan keskiöön tähtäysristikon. Viimeistään kameran hienosäätövaiheessa on volyymialue siivottava virhepisteistä ja heijastumista. Volyymin keskiöön voi laittaa kalibrointikolmion asemoinnin helpottamiseksi.

Kameroiden asettelun jälkeen asetellaan harmaat digitaalimaskit ohjelmallisesti kameroiden näkökenttiin. Järjestelmä näkee toiset kamerat virhepisteinä niissä olevien IR-ledien ansiosta, joten ne on suljettava näkymästä maskeilla. Jos tilassa on vain kiinteitä heijastumia, joihin ei voida vaikuttaa, voidaan käyttää automaattista maskaustoimintoa, joka sulkee kaikki sillä hetkellä näkyvät pisteet. Maskauksen jälkeen järjestelmä näyttää kameraikkunat vihreänä, jos kamera tunnistaa kolme pistettä, mutta muuten punaisena, jos kamerassa on liikaa tunnistettavia pisteitä.



KUVIO 4. Kalibrointikolmio, ( © Optitrack, 2012 )

## 4.2 Volyymin määrittäminen

Volyymin määrittäminen ja kameroiden keskinäinen kalibrointi tapahtuu wandauksella.

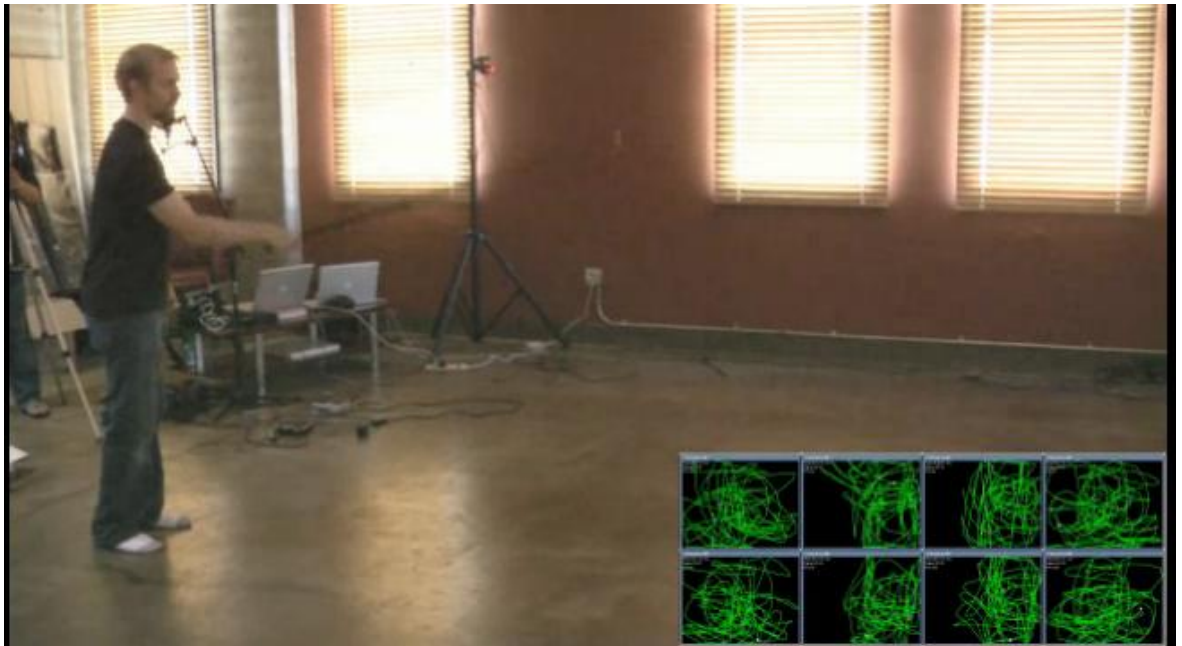
Wanding viittaa taikasauvaan eli kolmipisteiseen kalibrointisauvaan, jolla koko volyymin alue haravoidaan läpi. Wandingin aikana järjestelmä ottaa näytteitä sauvan pisteiden

liikkeistä. Volyymin wanditukseen on oma tekniikkansa, mutta tärkeintä on pysyä pois kameran näkymän edestä. Helpoin tekniikka on aloittaa wanditus makaamalla selällään volyymin keskiössä ja kiertää spiraalimaisesti volyymi läpi alhaalta ylös ja ulospäin.

Näytteet näkyvät kameran esikatselussa vihreinä viivoina. Viimeistään wandituksen aikana paljastuu, jos kameroiden asemointi on väärä. Jokaisen kameran näkymään tulisi levitä tasaisesti vihreitä viivoja eli näytteitä. Jos kamera ei näe vihreitä näytteitä kunnolla, siitä ei ole hyötyä koko järjestelmälle jonka pitäisi nähdä monta samanaikaista pistettä.



KUVIO 5. Kolmen markkerin wand, ( © Optitrack, 2012 )



KUVIO 6. Volyymien näytteistäminen, ( © Optitrack, 2012 )

Wandituksen eli näytteidenoton aikana järjestelmä ilmoittaa reaaliajassa volyymin laadun. Useimmiten jos kaappausalue on huonosti määritelty, tai tila on jo valmiiksi liian pieni, järjestelmän kokonaislaatu ei nouse medium-tasoa paremmaksi. Useimmiten järjestelmä ei edes hyväksy näytteidenottoa jos volyymin laatu on liian heikko. Lopulta kaapatuista näytteistä lasketaan kameroiden keskinäinen asettelu, positio ja volyyymi. Jos kaikki työvaiheet on tehty oikein, pitäisi näytteistuksen laskeminen tapahtua muutamassa minuutissa. Laskemisen jälkeen volyymin rajat voidaan määritellä. Järjestelmä ei huomioi pisteitä tai näyttelijöitä määriteltyjen rajojen ulkopuolelta. Volyymia voi myös esikatsella kolmiulotteisena vokselikenttänä, jossa tilan heikot kohdat näkyvät helposti.

Tuotantotekniikan laboratorion volyymin keskiössä oli ajottain auringonvalon aiheuttama poikkileikkaava kuollut kanava. Auringonvalo häytti pistetunnistusta ajottain, mutta myöhemmin siitä ei ollut merkittävää haittaa.

### 4.3 Näyttelijöiden valmistelu

Tilan ja laitteiston valmistelun jälkeen kalibroidaan näyttelijät järjestelmän muistiin. Näyttelijät puetaan joustaviin, liikekaappaukseen tarkoitettuihin spandex-asuihin. Näyttelijälle puetaan myös lippalakki, johon kiinnitetään velcrotarroilla kolme heijastinpalloa. Tiukka, heilumaton puku on olennaista, sillä järjestelmä lukee

markkerien keskinäisiä suhteita ja tunnistaa sillä näyttelijän kokonaisuutena. Kokonaisen markkerisetin tunnistuksen avulla volyymissä voi näytellä samanaikaisesti monta eri näyttelijää. Spandex- puvun alla ei ole suositeltavaa pitää paksua vaatekerrosta monestakin syystä. Liialliset vaatekerrokset rajoittavat liikkuvuutta ja uuvuttavat näyttelijän. Alla olevat vaatekerrokset voivat myös huomaamatta siirtää markkerien paikkoja suhteessa kehoon. Tämän takia kalibroinnin jälkeen on ohjeistettava näyttelijöitä välttämään puvun korjailua. Vaistomainen epämukavan vaateen nykäisy tai oikaisu saattaa helposti muuttaa markkerien asettelua ja vaikeuttaa hahmotunnistusta.

Näyttelijän kalibrointiin on myös oma wizard ohjelmansa, joka käy prosessin läpi vaihe vaiheelta. Mattamustaan pukuun kiinnitetään 34 markkeria velcro-tarroilla. Ohjelma kysyy ensimmäisenä hahmon markkerien asettelumallin. Asettelumallien erona on vain markkerien lukumäärä. Ylimääräisten markkerien käyttö jaloissa saattaa parantaa jalkaterien tunnistusta, mutta asettelumallien välillä ei ole huomattavaa eroa lopulliseen kaappauslaatuun.

Jokaiseen kaapattavaan ruumiinosaan kiinnitetään keskimäärin kolme markkeria. Järjestelmä kolmiomittaa kiinteitä objekteja. Koko hahmo muodostuu vain kiinteiden objektien sarjoista. Esimerkiksi pää kiinteänä objektina tarvitsee vain kolme pistettä ja kaulan liike tulkitaan torson ja pääluun välille. Mahaan ja alaselkään ei tule markkereita, sillä keskivartalon liikkeet tulkitaan ja generoidaan lantion ja ylätorson välille. Jäsenissä on vältettävä täysin symmetristä asettelua. Täysin symmetrinen asettelu saattaa johtaa markkerien sekoittumiseen. Esimerkiksi liikkeissä, joissa reidet ovat toisissaan kiinni, saattavat vierekkäiset markkerit tunnistua yhdeksi pisteeksi. Ongelmalliseksi voi osoittautua myös jalkamarkkerit. Jalkaterä ei ole kiinteä objekti, vaan elävä ja joustava ruumiinosa. Tämän takia jalkojen tunnistus helposti epäonnistuu. Onkin suositeltavaa opastaa näyttelijää käyttämään jäykkiä kenkiä, esimerkiksi lenkkitosseja, joihin voi helposti kiinnittää heijastinpallot esimerkiksi hakaneuloilla. Useissa lenkkitosseissa on kuitenkin heijastinmaalilla maalattuja tai metallisia osia. Kaappaustilanteessa heijastinmaali voi tunnistua virheheijasteena.

Markkeriasetteluun jälkeen on suoritettava testinauhitus. Näyttelijä suorittaa T-asennon ja testiliikkeitä. Nauhoituksessa kaapataan volyymissä näkyvä näyttelijä raakapisteinä, joiden perusteella luodaan skeleton-malli. Hahmolle määritellään oikea korkeus ja hartialeveys.

Seuraavaksi kytketään kaapattu pistepilvi virtuaalihahmoon. Ohjelmisto on tehty helppokäyttöiseksi ja kytkemiseen on automaattisia työkaluja. Esimerkiksi järjestelmä osaa tulkita hahmon asennon raakapisteistä, jos T-asento on tarpeeksi selkeä ja kaikki hahmon pisteet on valittu ilman virhepisteitä. T-asennon jälkeen jaotellaan tunnistettujen pisteiden vaikutukset skeletonihahmon eri ruumiinosille. Pääideana on edellämainittu kolmimittauksen pääperiaatte eli vähintään kolmen pisteen tunnistus. Tähänkin työvaiheeseen on automaattinen työkalu, joka määrittelee pisteet oikeisiin skeletonin osiin. Skeleton-malli tallennetaan projektiin ja nimetään. Näyttelijän tulisi näkyä tämän jälkeen aktiivisessa volyymissä virtuaalihahmona omalla nimellään. Muut näyttelijät lisätään samaan tapaan skeleton-wizardilla.

Hahmon kytkemisen jälkeen voidaan kaapattua testianimaatiota esikatsella. Esikatselu paljastaa mahdolliset virheet tai ruumiinosien oudot asennot. Hahmoluonnin esikatselussa voi huomata että hahmon nivelten asennot eivät täysin vastaa näyttelijän T-poseerausta. Normaalissa animoinnissa kyynär- ja polvitaifeissa käytetään IK-solveita, jotka hallitsevat hahmon luurangon taittumista ja saranointia. IK-solver ei voi tulkita luurangon luontaista taittumista jos nivel on täysin suorassa. Optitrack Arenassa on vastaavanlainen järjestelmä joka tulkitsee nivelien taittumista ja suuntaa. Järjestelmä siis taittaa automaattisesti T-poseerauksessa suoraksi meneviä niveliä, välttääkseen mahdollisia virhetulkintoja. T-poseeraus on toimiva asento synkronointiin useimmille hahmoille, mutta silläkin on omat heikkoutensa. Hartijalinjat ja lapaluut muuttuvat huomattavan paljon synkronointiposeerauksen ja normaalien liikkeiden välillä. Koko hahmon ryhti painuu kasaan, sillä hartijat painuvat alas T-poseerauksen jälkeen. Lapaluiden realistinen käyttäytyminen on myös vaikeaa mallintaa, koska järjestelmä käsittelee torsoa ja hartioita jäykästi.

#### **4.4 Kaappaustilanne**

Volyymin ja näyttelijöiden valmistelun jälkeen alkaa liikekaappaustyö. Tärkeintä on selkeä kohtaustila ja suunnitelma, mitä animaatioita tarvitaan ja mitkä ovat olennaisia jälkityöstön kannalta. Onko kannattavinta kaapata kaikki animaatiot sarjoissa vai tulisiko kaapata yksittäisiä pikkuottoja? Onko aloitus- ja lopetusasennoilla väliä ja vaihtuuko hahmon sijainti liikaa eri animaatioiden välillä? Lisäksi kohtausten haasteena oli kahden

hahmon interaktio ja dialogi, mutta myös hahmojen kokoero. Lapsihahmon tulisi olla puolet pienempi aikuisesta, joten katseet ja eleet on suunnattava huomattavasti eri kulmaan. Testien jälkeen oli ilmiselvää että kaksi samanaikaista näyttelijää volyymissä ei tulisi toimimaan. Esteenä oli hahmojen kokoero, kameroihin syntyvät katvealueet ja kalibrointiongelmat. Sivunäyttelijä oli helposti päänäyttelijän markkerien edessä, jolloin hahmotunnistus epäonnistui. Useiden näyttelijöiden käyttö samassa volyymissä saattoi sekoittaa hahmot keskenään ja luoda pistedataan aukkoja. Lopulta toinen näyttelijä oli vain tukinäyttelijänä lukemassa dialogia volyymin ulkopuolella. Päänäyttelijäkin pystyi paremmin kuvittelemaan eri kokoisen hahmon viereensä, koska mitään fyysistä verrokkia ei ollut. Lopulta päänäyttelijä suoritti kummankin hahmon roolisuuritukset loistavasti. Tavoitteena oli saada muukalaisrodulle vaivaannuttavan omituinen kävely ja elekieli. Taitava näyttely toi isä- ja lapsihahmolle tarvittuja luonteenpiirteitä ja pieniä eleitä, jotka merkitsevät lopputuloksessa yllättävän paljon. Dialogi äänitettiin paikan päällä Zoom H4 nauhurilla ja suuntaavalla haulikkomikrofonilla. Otot tallennettiin myös videona järjestelmäkameralla animaattorireferenssiksi. Jokaisessa otossa käytettiin klaffia, jolla saadaan synkronoitua video, ääni ja liikekaappausdata. Ottojen nimeäminen on olennaista, sillä eri ottojen tulkitseminen pelkkien pistepilvien liikkeiden perusteella voi olla hyvin hankalaa. Lopulta on-location- videota ja ääntä ei käytetty muunmuassa ilmastoinnin hurinan takia ja yleisen laadun heittelyn takia. Näyttelijät ääninäyttelivät hahmot lopulta Tampereella valmiin animaation päälle.



KUVIO 7. Näyttelijät työssään, ( © Tuomas Jussila, 2012 )

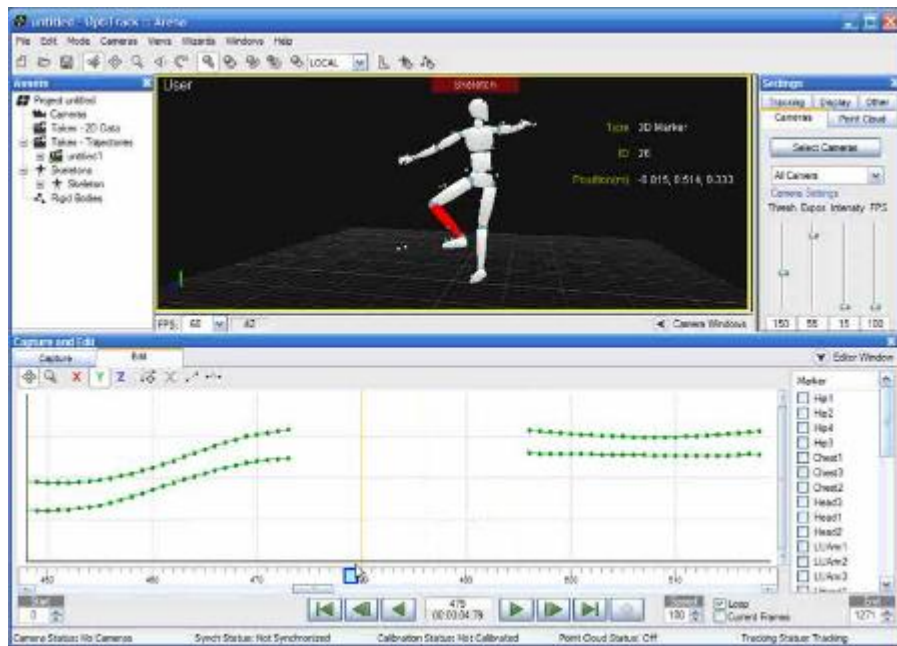


Liikekaappaussemissiossa kului aikaa noin kuusi tuntia. Kaapausaikaa kasvattivat tekniset ongelmat mutta myös kokemattomuus. Kaappausta ei oltu ennen harjoiteltu näin monimutkaisella käsikirjoituksella. Liikekaappauksen ja produktion luonteesta päätti animaattori. Näyttelijöiden ja ohjaajien mielipiteitä ja luovuutta toki arvostetaan, mutta liikekaappauksen teknisten rajoitusten vuoksi on keskityttävä animaattorin tarpeisiin. Liikekaappausdata on ohjeistava animaattorirunko, jonka ympärille animaattori kasaa hahmon. Suurin rajoite kyseisessä projektissa oli järjestelmän epäluotettavuus kyseisessä tilassa. Hahmojen luotettava tunnistus muodostui ongelmaksi, joka söi energiaa niin tekniseltä henkilöstöltä kuin näyttelijöiltä. Näyttelijät joutuivat keskeyttämään suorituksensa monta kertaa teknisten vikojen vuoksi. Pienellä kokemuksella kaappauksen ja työkulun voisi jalostaa hyvinkin näppäräksi. Kiinteän laitteiston ja tilan valmistelu koulun tiloihin nopeuttaisi ja helpottaisi työskentelyä.

## 5 JÄLKITYÖSTÖ

### 5.1. Liikekaappausdatan prosessointi

Otoista kaapattujen videoiden perusteella valittiin parhaimmat otot. Seuraavaksi alkoi valittujen ottojen datan puhdistaminen ja jalostaminen. Ensimmäinen puhdistuskierros suoritettiin noin viidelle, pitkälle otolle. Ensimmäinen animaation työsti tapahtui Optitrack Arenassa suoraan pistepilvidatalle. Yksittäisten pisteiden tunnistus on saattanut ajoittain epäonnistua. Ajankohdalta ei ole saatu pisteelle luotettavaa tunnistusta 3D-tilassa. Syinä saattaa olla yksinkertaisesti näyttelijän kehon asentojen muodostamat katvealueet joihin kamera ei hetkellisesti ole nähnyt luotettavasti. Pisteiden animaatiokäyrät näkyvät Arenan editor ikkunassa. Animaatiokäyrässä näkyy selkeä katkeama ajankohdalta, jolta ei ole saatu luotettavaa tunnistusta.



KUVIO 8. Liikekäyrän katkos, ( © Optitrack, 2012 )

Editor- ikkuna sisältää paljon työkaluja pisteiden liikkeen korjaamiseen ja suodattamiseen. Tehokkain työkalu on automaattinen aukkojen korjaaja, joka tunnistaa datassa olevat aukot ja interpoloi niihin pisteitä. Useasti pisteet saattavat myös sekoittua ja vaihtaa paikkojaan. Tähänkin on yksinkertainen työkalu, jolla pisteiden animaatiokäyrät voidaan vaihtaa hyppykohdasta. Suodatus taas on haastavampaa. Filteröintiä eli liikkeen värinän suodattaminen suoritetaan taajuuksittain ja niitten ymmärtäminen vaatii

kokemusta. Liiallinen suodattaminen pehmentää liikkeitä tunnistamattomaksi ja nopeat pienet eleet karsiutuvat pois. Optitrackin järjestelmä luo värinää todella vähän, joten yksinkertaisessa hahmoanimaatiokäytössä suodatusta ei tarvitse. Yksittäisten pallojen tunnistustarkkuus on millimetrituokkaa, eli järjestelmällä voisi suorittaa jopa tarkkoja mittauksia.

Pistepilven korjailun jälkeen virtuaalihahmolle suoritetaan *trajectorize*- toiminto.

*Trajectorize* tarkoittaa ruumiinosien liikeratojen laskemista. Vasta *trajectorize*- vaiheessa itseasiassa luille tulkitaan ja kirjoitetaan animaatiodata. Aiemmissa työvaiheissa esimerkiksi kaappauksen esikatselussa hahmon luut tulkitaan reaaliajassa pistepilven perusteella. Järjestelmä säilyttää silti oloissa kaapatut pistepilvidatat.

Arenasta voidaan tuoda ulos animaatiodataa FBX, C3D ja BVH- formaateissa. Yleisin formaatti on Autodeskin FBX (Naturalpoint, 2012). Arena kirjoittaa FBX- tiedostoon vain pistepilvidatan, mutta ei luiden liikeratoja. FBX -formaatti on tarkoitettu lähinnä Autodesk Motionbuilderia varten, jonka sisällä pistepilvestä tulkitaan varsinaisen animaatio.

Animaatio tulkitaan pisteistä actorille joka on Motionbuilderin skeletonin vastike.

Actorilta animaatio tulkitaan valmiiseen hahmorigiin. Työvaiheesta käytetään nimitystä *retargeting* eli luiden liikkeen uudelleentulkitseminen toiselle hahmolle. *Retargeting* poistaa hahmojen väliset skaalausongelmat, sillä tulkittava hahmo vain miimikoi liikekaappaus-actoria. Motionbuilderin käyttö antaa animaattorille paljon enemmän vapauksia ja työkaluja muokata liikekaappausdataa. Actorin käyttö mahdollistaa myös helposti painoarvojen määrittämisen yksittäisille luille. Esimerkiksi liian vahvasti hahmon luontaista geometriaa vääntävät luiden liikkeet voidaan pehmentää yksitellen ja suodattaa. Esitutkimuksen aikana todettiin, että FBX formaatin ja Motionbuilderin käyttö luo turhaa rasitetta ja työtä tuotantoon. Tämän takia *retargetingia* ja actor tulkkausta ei käytetty animaatiotuotannossa.

Export- formaattina projektissa käytettiin BVH -dataa. Arena tallentaa BVH- tiedostoon suoraan luiden liikkeet, mutta ei pistepilvidataa. BVH -formaatti on siis häviöllinen formaatti, eli luiden liike on jo tulkittu valmiiksi pisteistä ja filteröity, joten liikkeen painoarvoja on vaikea painottaa jälkityöstössä. BVH -formaatti toimii kuitenkin yllättävän kätevästi ja nopeasti 3Ds Maxin omalla biped-järjestelmällä. Biped – järjestelmä on tarkoitettu kaksijalkaisten hahmojen animointiin ja riggaukseen. Biped skaalautuu automaattisesti liikekaappausdatan mukaan. Järjestelmä nimeää myös jäsenet ja generoi

luuston automaattisesti. Rigattuun biped hahmoon voidaan suoraan ladata BVH- tiedosto. BVH-data on suositeltavaa import- vaiheessa suodattaa, sillä 3Ds Max tukkeutuu helposti liiallisen keskusmuistin käytöstä ja isoista datamääristä. Import- valikossa valitaan ”keyframe reduction”, jolla karsitaan animaatioframejen määrää. Muuten animaatiota muokattaessa aikajana olisi täynnä pieniä pisteitä, joiden yksittäinen muokkaus olisi todella työlästä.

## 5.2 Animaatiokohtausten luonti

Animaation ja kohtausten luonti oli itsessään hyvin yksinkertaistettu prosessi. Valmiille 3D-hahmoille ladattiin puhdistetut liikekaappauskohtaukset, jotka ajoitettiin. Sormi- ja kasvoanimaatioiden puuttumisen takia varsinaista animaattorin työtä oli vähän. Koko projektin tarkoitus oli luoda liikekaappauksesta mahdollisimman näyttävä animaatio ilman raskaan produktion paineita. Ainoa vakava ongelma oli kahden päähahmon kokoero. Biped-luurangon skaalaus onnistui helposti, mutta itse liikekaappausdata ei skaalautunut. Bipedin skaalauksen lisäksi tulisi skaalata samassa suhteessa myös hahmon meshiä, joka osoittautui yllättävän vaikeaksi. Skaalausongelmaa yritettiin ratkaista aluksi käyttämällä 3Ds Maxin omaa xref toimintoa, jolla voidaan hakea toisista 3D tiedostoista objekteja. Ideana oli säätää toinen 3D- tiedosto eri skaalauksella ja hakea sen kautta pienempi hahmomalli päätiedostoon. Liikekaappausdata ei siltikään skaalautunut. Seuraava ratkaisu oli exportata hahmo liikekaappausanimaatioineen ulos FBX -formaattissa ja importata 3D-malli uudella skaalauksella. Tämä olisi tuhonnut biped järjestelmän ja animaation muokkaus olisi ollut todella kankeaa. Lopulta yksinkertaisin, mutta amatöörimäinen ratkaisu, oli skaalata vain näkyvä mesh- rakenne ja säilyttää luuston rakenne ja liikekaappausdata alkuperäisenä. Näin yksinkertaisessa tapauksessa temppu toimii, mutta ei onnistuisi jos hahmossa olisi monimutkaiset alijärjestelmät kasvoille ja sormille. Luiden keskiöt eli pivot pointit olisivat silti väärällä skaalauksella ja luihin olisi mahdoton kytkeä mitään ylimääräistä. Esimerkiksi hahmoissa yritettiin käyttää erillisiä silmiä, mutta lapsihahmon skaalauksen takia niitä ei voitu kytkeä pääluuun. Näkyvän hahmon pää oli eri kohdassa kuin oikeassa skaalassa oleva luurangon pää. Motionbuilderin ja retargeting tekniikan kanssa skaalausongelma olisi ollut helpommin vältettävissä, mutta se olisi toisaalta jäykentänyt tuotantoa. Lopputuotannossa ei voitu käyttää monimutkaisia järjestelmiä ajan puutteen takia.

### 5.3 Valaisu

Avaruusalus ja ympäristöt mallinnettiin 3D Studio Max Design 2012 ohjelmalla. Materiaaleina käytettiin ohjelman design-version laajoja pintamateriaalikirjastoja. Jokaisessa kohtauksessa näkyvä pyörivä maapallo mallinnettiin palloprimitiivillä. Tekstuurina käytettiin NASA:n satelliittikuvista koostettua, vapaasti jaossa olevaa maapallon karttakuvaa. NASA:n internetsivuilla oli vapaasti jaossa myös samalla formaatilla korkealaatuinen tekstuuri pilville. Pilvitaso lisättiin luomalla maapallon ympärille toinen hieman isompi pallo, jossa oli pilvitekstuuri. Läpinäkyvyys saatiin käyttämällä samaa kuvaa harmaakarttana ja alfakanavana materiaalille. Myös ilmakehää varten tarvittiin vaaleansininen hohto. Se luotiin tekemällä pallomuotoinen gizmo-helper maapallon päälle, johon kytkettiin glow kameraefekti. Maapallo valaistiin lopulta muutamalla spot-valolla. Jokaisen kohtauksen kameraan lisättiin myös pieni post-efekti, joka korosti valojen ja vaaleiden alueiden hohtoa.

Avaruusaluksen ulkokuori ja sisus mallinnettiin nopeasti primitiiveistä. Avaruusaluksen pinta oli tehty automaali-esiasetuksesta, jonka tarkoitus oli heijastaa aluksen hohtavista napeista tulevaa valoa ja ympäristöä. Napit olivat yksinkertaisia primitiivisylintereitä, joissa oli itsevalaiseva lamppumateriaali. Avaruusaluksen jalat oli tehty sylintereistä, joissa oli heijastava kromimateriaali.

Avaruusaluksen ulkokuori ja sisus oli alunperin monimutkainen geometrialtaan, mutta lopulta ohjaajan käskystä huomio haluttiin keskittää olennaiseen eli hahmoihin. Renderöintiaika nopeutui yksinkertaistetun ympäristön vuoksi. Alunperin heijastava metallilattia jäi myös pois, joka söi uskomattoman paljon laskentatehoa. Yleinen hahmojen 3D-rendauksessa käytettävä subsurface scattering-efekti karsittiin myös pois. Subsurface scattering tarkoittaa ihonalaista valon siroamista. Tekniikalla voidaan luoda realistisia puoliheijastavia ihomateriaaleja, joista valo kuultaa läpi. Yhtenä käytännön subsurface esimerkkinä voidaan käyttää korvalehtiä, jotka näkyvät valoa vasten punaisena, niiden läpi siroavan valon vaikutuksesta. Efektillä saatiin näyttäviä testirendereitä ja konsepteja, mutta ajanpuutteen takia ominaisuutta ei ollut aikaa viimeistellä.

Hahmojen valaisussa pyrittiin rimlight- tekniikkaan, joka korostaa vastavaloefektiä ja hahmojen ulkoreunoja. Rimlight tekniikka on tuttu teatteri- ja elokuvavalaisusta. Valo sijoitetaan suoraan hahmon taakse osoittamaan suoraan kameraa kohti. Animaatioissa valo voidaan kohdistaa aina suoraan kameraan. Jälkikäsitteilyllä lisätty glow-efekti tehostaa vaikutusta. (Anzovin, 2005)



KUVIO 9. Loppukompositio, ( © Konsta Mäkikangas, 2012 )

#### 5.4 Renderöinti ja jälkityö

Renderöinnissä ei ollut tarvetta monimutkaisille valomoottorille ja edistyneelle valon heijastumiselle. Renderöinti suoritettiin Full-HD, eli 1920x1080 koolla yksittäisinä kuvina. Varsinaista kompositointia ja erillisiä effect pass-renderöintejä ei suoritettu. Yksittäisen kuvan renderöinti vei noin 30 sekuntia ja yksittäisen kohtauksen tuottaminen kesti keskiarvolta kahdeksan tuntia.

Kuvat avattiin Adobe After Effects ohjelman image sequence toiminnolla, joka käsittelee kuvasarjoja videona. Videoon lisättiin jälkiefekteinä värimääritys, glow-efekti ja lenseflare eli keinotekoinen linssiheijastuma. Linssiheijastumissa käytettiin After effectsin 5.5 version default- työkaluja. Alunperin suunnitelmissa oli käyttää Video CoPilotin Optical Flares plugin:iä, jolla valoeffekteihin olisi saatu realismia ja eloa. Virallista

lisenssiä ohjelmistolle ei kuitenkaan ollut, joten valoeffektien jälkityöstö jäi TAMK:ilaisen editoijan vastuulle. Erinäisiä hahmojen virheitä korjailtiin muunmuassa clone-brushilla. Lopulta videomateriaali käännettiin Apple Prores HQ 422 -formaattiin editointia varten ja lopulta videomateriaalia lähetettiin kolme gigatavua Dropbox palvelun kautta.

## 6 POHDINTA

Liikekaappauksen luonne on muuttumassa helpoksi, käytännölliseksi ja halvaksi. Alan ja asiakkaiden odotukset liikekaappauksen suorituskyvystä ja soveltuvuudesta ovat kasvaneet. Liikekaappausta pidetään helposti itsestäänselvyytenä loistavan animaation tuottamiseen. Loistavan animaation luonti vaatii tosin enemmän näkemystä ja taitoa kuin teknistä laitteistoa. Järjestelmänä Optitrack ei ole vikasietoinen, vaan pikemminkin haastava työkalu. Kaappaukseen laatuun vaikuttavia elementtejä on todella paljon ja käyttö ei ole asiakasystävällistä. Järjestelmä voi tosin olla tehokas työkalu ammattitaitoisissa käsissä. Järjestelmä vaatii tehokkaan tilankäytön ja huolellisen suunnittelun sisällön näkökulmasta.

Opinnäytötyön puitteissa varsinaiseen animaatioon ja tuotantoon ei jäänyt liiemmin aikaa. Lopputuote jäi vaisuksi teknologisen innovaation ja potentiaalin näkökulmasta. Optitrack-järjestelmän hyödyntämisestä jäi tietotaitoa ja kokemusta ammattikorkeakoululle. Henkilökohtaisella tasolla syntyi syvempi ymmärrys liikekaappauksen merkityksestä nykyaikaisessa mediatuotannossa. Jatkokehitysideoina koulun näkökulmasta olisi kehittää animaatiotuotannon yleistä osaamista ja laitteiston kiinteää asennusta ja tiloja. Optitrack-järjestelmän tekninen kehityskaari on lopuillaan ja sitä tulisi hyödyntää tehokkaasti nyt. Muutaman vuoden sisään järjestelmä tulee todennäköisesti olemaan vanhanaikainen ja vaihtoehtoiset kevyemmät järjestelmät tulevat valtaamaan markkinat. Liikekaappauksella on vielä uuden ja edistyneen teknologian leima ja sitä tulisi hyödyntää myyntityössä. Liikekaappausanimaation tuotantoa olisi helppo myydä palvelutoimintana lähialueen pelitaloille ja mainosalan yrityksille. Animaattorityötä voisivat suorittaa oppilaat tai koulun puitteissa toimivat harjoittelijat.

Koulun Optitrack järjestelmä on yksin puutteellinen kaupallisuuden näkökulmasta. Sen tehokkaaseen hyödyntämiseen tarvittaisiin muitakin tuotantoa tukevia elementtejä, kuten tehokkaan ääninäyttelyn ja kasvoanimaatioiden kaappaamisjärjestelmän. Näitten eri työkalujen yhdistäminen ja jalostaminen olisi olennaista palvelun kilpailukyvyn ylläpitämiseksi.



## LÄHTEET

Kitagava, M. , Windsor, B. 2008. MoCap for Artists. Elsevier Inc.

Anzovin, S. Anzovin, R. 2005. 3D Toons. The Ilex press ltd.

Naturalpoint Optitrack. 2012. Naturalpointin viralliset kotisivut. Www-dokumentti. Saatavilla <http://www.naturalpoint.com/optitrack/>. Luettu 11.7.2012

Xbox.com. 2012. Microsoftin Kinect Effect. Www-dokumentti. Saatavilla <http://www.xbox.com/en-US/Kinect/Kinect-Effect/>. Luettu 8.9.2012

Organic Motion. 2012. Organic Motionin kotisivut. Www-dokumentti. Saatavilla <http://www.organicmotion.com/products/biostage/>. Luettu 8.9.2012

Xsens. 2012. Xsens järjestelmän kotisivut. Www-dokumentti. Saatavilla <http://www.xsens.com/en/general/mvn-biomch>. Luettu 6.10. 2012

Metamotion. 2012. Liikekaappausjärjestelmien jälleenmyyjä. Www-dokumentti. Saatavilla <http://www.metamotion.com/motion-capture/magnetic-motion-capture-1.htm>  
Luettu 6.10. 2012

Luke Hattemer. 2012. Current Marketing Mainostoimiston media/ teknologia-aiheinen blogi. Www-dokumentti. Saatavilla <http://currentmarketing.com/insidecm/creative/traditional-animation-vs-motion-capture/>  
Luettu 9.10. 2012

Dean Takahashi. 2009. Venturebeat teknologiablogi. Www-dokumentti. Saatavilla <http://venturebeat.com/2009/08/04/xsens-technologies-captures-every-human-motion-with-body-suit/> Luettu 9.10. 2012